

Bírálat

Bereczky Ákos László

**„EGYES ALKOHOLOK DÍZELMOTOROS
FELHASZNÁLÁSÁNAK VIZSGÁLATA ÉS ÉRTÉKELÉSE”
című doktori értekezéséről**

Bereczky Ákos az utóbbi, mintegy két évtizedes kutató-fejlesztő munkájának eredményeiről számol be értekezésében. A dolgozat alapjául szolgáló tevékenységét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszéken folytatta. Ez a nagy hagyományú intézmény a hazai energetikai technológiai oktatásnak és kutatásnak élenjáró képviselője. Egy technológust, igaz vegyészmérnököt, jó érzés tölti el, amikor egy ilyen témában született dolgozat bírálatát rábízják. Mindez azt jelenti, hogy nemcsak az értekezés szakmámból kifolyólag jól ismert részeinek, hanem az egésznek a megítélését kell elvégezni, amihez társul, hogy sokat tudok tanulni belőle.

Munkájának célkitűzését az motiválta, hogy az előrejelzések alapján fontos feladat lesz a dízelmotorok átállítása minél nagyobb mértékben megújuló tüzelőanyagokra. Ez az irányzat nemcsak azért követendő, mert a fosszilis üzemanyag alapanyagok mennyisége fogy, hanem az ún. „carbon footprint” csökkentése is megkívánja, a nettó CO₂ kibocsátás csökkentésével, a klímaváltozás mérséklése érdekében. Jelölt kereste a megoldást a meglévő dízelmotorok legkisebb átalakításával járó újszerű, megújuló tüzelőanyagok hasznosítására. További cél a kiválasztott tüzelőanyagok és módszerek értékelése volt. A megújuló tüzelőanyagok közül a már jó ideje használt biodízel mellett a trigliceridek, az 1-butanol és a metanol mint keverőkomponens értékelését végezte.

Az 1-butanol jó választás, mert tulajdonságai és elemi összetétele, így égéshője kevésbé különbözik a szénhidrogénekétől, amelyekkel keverni szükséges, mint például a metanolé, vagy etanolé. További előnye, hogy szénhidrátokat tartalmazó biomasszából megfelelő mikroorganizmusokkal, fermentációval előállítható. Ebben az eljárásban hármas elegy (ABE) képződik, aceton, 1-butanol és etanol elegye. Viszont az itt kapott etanol az ún. Guerbet reakcióval, katalizátorokkal butanollá kapcsolható, növelve a butanol hozamot. A biodízel

megítélése mind a napig vitákat vált ki, különösen az utóbbi időben készített életciklus elemzések alapján kérdéses a létjogosultsága. Állami támogatások nélkül ez az iparág, már ahol jelentősebb, nem életképes. Növényi olajokból metanolos átészterezéssel lehet előállítani a biodízel, ami egy technológia beillesztését jelenti a nyersanyagok és az üzemanyag közé, továbbá metanol fogyasztó (amit mai napig 95 %-ban földgáz bázison állítanak elő, bár egyre előrehaladottabb fejlesztések zajlanak a légköri CO₂-ból és a megújuló forrásokból származó H₂-ből való előállítására). Komoly problémát jelent a melléktermék szennyezett glicerin hasznosítása, rosszabb esetben elégetése. Ezeket figyelembe véve a nyers növényi olajok bekeverése az üzemanyagba mindenképpen jobb megoldás lehet a biodízel szemben. Bár a nyers növényi olajok termesztése is termőföld területeket von el az élelmiszer termeléstől és járulékos CO₂ kibocsátása is van.

Indokolt volt a dízelmotorokban végzett vizsgálat. Végig gondolva az utóbbi évtizedek tendenciáit, egyértelmű, hogy a belsőégésű motorok között, még az elektromos és tüzelőanyag-cellás hajtások mellett, a dízel továbbra is nélkülözhetetlen lesz. A személygépkocsikban, könnyű közúti áruszállítóknál kisebb lesz a részaránya, viszont nagy vízi járművekben, vasúti vontatásban és nehéz gépjárművekben, munkagépekben egyelőre nincs bevált, gyakorlati alternatívája. A dízelolajnál könnyebb párlat, a kerozin pedig a légiközlekedés számára marad továbbra is megkerülhetetlen. A kőolajfinomításban az egyes üzemanyag fajták aránya csak a beépített technológiák szabta kereteken belül változtatható, így, ha a kerozin szükséglet marad, akkor mellette keletkezni fog benzin és gázolaj frakció is.

Bereczky Ákos kutatómunkáját hat pontban foglalta össze:

1. 3-4 szénatomszámú alkoholok (n-propanol és izomerjei, n-butanol és izomerjei) és a kiválasztott nyers növényi olajok kettős és hármas elegyei fizikai és kémiai tulajdonságainak meghatározása és értékelése, a dízelmotoros felhasználhatóság szempontjából;
2. A kiválasztott elegyek dízelmotoros felhasználásának megismerése az égési folyamatra és a motor üzemi paramétereire gyakorolt hatás szempontjából;
3. A gázolaj –1-butanol kettős elegyek dízelmotoros felhasználásának részletes vizsgálata;
4. A gázolaj – biodízel – metanol elegyek felhasználhatóságának vizsgálata; ezek összevetése az 1-butanol – gázolaj elegyekkel;
5. A metanol felhasználásának megismerése kettős tüzelőanyagú dízelmotorban;
6. Az eredmények alapján javaslattétel a felhasználásra és a további kutatási irányokra.

Az értekezésben összefoglalt kutatómunka jellemzője a gyakorlat orientált megközelítés. Ez alatt azt értem, hogy a vizsgálathoz átalakíthatatlan dízelmotorokat használt, a vizsgált üzemanyag elegyeket a szabványokban előírt vizsgálatokkal minősítette. Mérté a motorok fogyasztását, káros anyag kibocsájtását, teljesítményét a szokásos beállítások mellett.

A tapasztalt jelenségekre tudományos igényességgel adott magyarázatot. Ezzel eleget tett annak az igénynek, hogy a vizsgált, részben megújuló forrásokból nyert komponensekből kevert üzemanyagokat elhelyezze abban a sokdimenziós térben, aminek dimenzióit az üzemanyagok és motorok jellemzői, a vizsgált paraméterek és a teljesítmény, a hatásfok, a káros anyag kibocsájtások képeznek. Ebben a térben adottak azok az ésszerű értékek, amiken belül tekinthetünk egy adott összetételű üzemanyagot gyakorlati felhasználásra alkalmasnak.

Külön rövid fejezetet szentelt azoknak a nyitott kérdéseknek, amiknek a vizsgálatát nem végezte el, műszaki feltételek, anyagi támogatás, szükséges idő hiányában. Ennek „lehatárolás” címet adta, ehelyett én a „nem vizsgált kérdések vagy területek” kifejezést használnám.

A dolgozat irodalmi összefoglalója, a dolgozat teljes 145 oldal terjedelméből 20 oldalt tesz ki, 102 hivatkozásból merítve az anyagát. Ebben mértéktartó terjedelemben foglalta össze azokat a fontosabb ismereteket, amik alapján kiválasztotta vizsgálatának tárgyát és eszközeit, ismertetette a hasonló témakörben született publikációk lényeges megállapításait.

A következő 12 oldalas fejezetben a nem motoros vizsgálatokat ismertetette, ezek egy részét más kutatóhelyekkel kooperációban végezte el. A mérésekhez használt berendezések és a három különböző dízelmotor ismertetését a mellékletben írta le. Így javasolható az olvasónak, aki nem a szűkebb szakterületről van, hogy először ezeket a részeket olvassa el.

Ezután következik a műszeres és motoros vizsgálatok ismertetése, 61 oldal terjedelemben. Ebben a fejezetben van a hét tézis, a vonatkozó vizsgálati eredmények konklúziójaként. Formai szempontból, és az olvasó dolgát megkönnyítendő, szerencsés lett volna a téziseket az összefoglalásban is, együtt leírni. Az összefoglalás másfél oldalas, megfelelően adja vissza a legfontosabb következtetéseket, a végéhez lehetett volna a téziseket illeszteni.

A mellékletekben a fentebb már ismertetett részek mellett elhelyezte a saját publikációinak listáját, a fogalmak, rövidítések meghatározásait és a mérési hibák számítási eljárásait.

Bereczky Ákos munkájának erőssége az infrastruktúra, eszközök, műszerek, szoftverek, amiket felhasznált feladatai teljesítéséhez. Természetesen hasonló fontosságú volt a munkatársi gárda, elsősorban a doktoránsok, akikkel együtt dolgozott, továbbá a finansziális és szakmai háttérrel adó intézmények, iparvállalatok, amelyekkel együttműködött. Mindezek tették lehetővé, hogy

nagyon komplex rendszerekben, különösen időszerű kérdésekre keressen és adjon választ. Olyan módon fogalmazta, közelítette meg a problémákat, olyan színvonalú méréseket, számításokat végzett, amelyek lehetővé tették az igényes, gyakorlatban is hasznosítható megoldásokat a problémákra. Más szóval, kihasználta a rendelkezésére álló laboratórium lehetőségeit, amelyek nagyon sokba kerülnek, de megszolgálják a befektetett forintokat és erőfeszítéseket.

A dolgozat általános megítéléséhez hozzátartozik az is, hogy bíráljam egyes részekben az eredmények interpretálását. Gépelési hibák előfordulnak, ezeket a dolgozat megjegyzésekkel ellátott és visszaküldött változatában megjelöltem.

A nyers növényi olajokat néha nyersolajnak nevezi, ami már foglalt a finomítatlan kőolaj számára, ki kell írni a 3 szavas nevet! Javaslom az NNO rövidítés bejegyzését.

14. oldalon százalék adatok közül az utolsó el van írva.

20. oldal, 1,5 % oldószer említ, ez mi volt és hogy lehet oldószer? Talán a beoldódást segítő adalékról van szó?

21. oldal, 16. ábra aláírás, „szénatom tartalom” helyett „szénatom számot” írnék.

23. oldal Két szénatom számú cukrokat említ, mik lennének ezek?

Lejjebb a butanol maró hatását említi, ehelyett inkább korrozív hatást írnék.

36. oldal 3.1.2 első bekezdéshez: Ha a nyersolaj a bányászott kőolajat jelenti, akkor abból történhet paraffin kiválás, ha a nyersolaj a nyers növényi olajt jelenti, akkor abból paraffin nem válhat ki, mert nem tartalmazza, viszont egyes komponensei az alacsony hőmérsékleten szilárd halmazállapotúak lehetnek, tehát hidegszűrhetőségük meghatározható.

A 37. oldalon a lobbanáspont vizsgálatok ismertetésénél mindjárt az elején tudatni kellene, hogy nyílttéri vagy zárttéri lobbanáspontról van-e szó? A 29. ábra aláírásából megtudjuk, hogy zárttéri lobbanáspontról van szó.

41. oldal Mit ért zsírsav összetétel változáson, ami az átészterezés hatására történik?

42. oldal A párolgás mértéke volt az 1,46 % tömegcsökkenés?

45. oldal Tudható-e, hogy a zsírsav-metilészterek hőbomlása milyen termékek keletkezésével jár? Alább két eligazító irodalmat soroltam fel.

Yiying Zhu, An Experimental Study on Thermal Stability of Biodiesel Fuel, Syracuse University SURFACE, 2012.

Olivier Herbinet, Pierre-Alexandre Glaude, Valérie Warth, and Frédérique Battin-Leclerc, Experimental and modeling study of the thermal decomposition of methyl decanoate, Combust Flame. 2011 Jul; 158(7): 1288–1300. doi: 10.1016/j.combustflame.2010.11.009

Ezzel kapcsolatos megjegyzés, hogy fontos a forrpontról különbség a trigliceridek, azaz a nyers növényi olajok és a zsírsav-metilészterek között, míg az utóbbiak definiált forráspontúak (568-639 K, függően az alkotóként szereplő savmaradék szerint), addig a trigliceridek atmoszférás nyomáson nem forralhatók, azaz a bomlásuk megelőzi azt, mielőtt forráspontig hevülnének.

53. oldalon „az alkoholok égése során kialakuló hidroxyl csoportok”-ról ír. Ezt az égési folyamat közben lejátszódó kémiai reakciók szempontjából nem tudom értelmezni. Az égés során szabad gyökök keletkeznek, amik láncreakciókat váltanak ki. Lehet, hogy az oxidációban fontos szerepet játszó hidroxil gyökökre gondolt?

55. oldal. Az első tételben olvasható, hogy a nyers növényi olajok „részben alkalmasak” átalakíthatatlan dízelmotorokhoz? Arról van-e szó, hogy a kettős elegyek nem, a hármas elegyek viszont használhatóak a nem átalakított dízelmotorokban?

56. oldal. A második tétel végén szerepel a megállapítás, miszerint : „a vizsgált hármas elegy felhasználása az általam vizsgált motorban és üzemi tartományban a környezetterhelés szempontjából kedvező”. Inkább a „megfelelő” jelzőt használnám.

„Az n-butanol” kifejezés használata egy vegyészmérnöknek furcsa, ugyanis, ha a vegyész szöveget olvassuk, nem azt mondjuk, hogy en butanol, hanem kiolvassuk, hogy normál butanol. Ekkor viszont az „a” határozott névelőt használjuk. Javaslok egy kompromisszumos megoldást, ami a IUPAC nomenklatúrájának is megfelel, ez az „1-butanol”, csak annyi változtatást igényel, hogy az n helyére egy 1-t írunk.

106 o. A 7. tézispontban van "a nagy elsődleges tüzelőanyag-energia tartalom", ez a metanolra nem jellemző, ezt a szövegrészt elhagynám.

114 oldaltól. Az évszámok megadásának formája egységesítendő.

136. oldal. Az ebben a részben ismertetett motornak ($\varepsilon=19$) az elektronikus vezérlő rendszeréről a "laikus" olvasó nem sokat tud, pedig a mérések közben ez a berendezés jelentősen befolyásolja a működés paramétereit. Hasznos lenne röviden ismertetni, hogy ez a berendezés milyen mérő, érzékelő eszközökkel van ellátva, s az ezek által mért értékek alapján hogyan befolyásolja a motor működés paramétereinek beállításait.

137. Ez a motor egy M8B 160 generátort hajt meg, gondolom ez volt a helyzet, nem pedig fordítva?

A dolgozat szerkesztése megfelelő, az ábrák, táblázatok jól szolgálják a megértést, bár helyenként, megítélésem szerint az ábrákon szereplő sok adat kiolvasása nem egyszerű feladat.

A tézisekben felsorolt új tudományos eredményekről a következő a véleményem:

(1. tézis) „A kiválasztott nyers növényi olaj – alkohol kettős és nyers növényi olaj – alkohol – gázolaj hármas elegyek általam vizsgált fizikai és kémiai tulajdonságaik alapján részben alkalmasak felhasználásra egy nem átalakított dízelmotorban a következők miatt:”

E helyett a megfogalmazás helyett a következőt javaslom (ami véleményem szerint inkább összhangban van a magyarázatban írtakkal):

„A kiválasztott nyers növényi olaj – alkohol kettős nem, viszont a nyers növényi olaj – alkohol – gázolaj hármas elegyek az általam vizsgált fizikai és kémiai tulajdonságaik alapján alkalmasak felhasználásra egy nem átalakított dízelmotorban a következők miatt:”

(2. tézis)

Ebben csupán az utolsó szót, a „kedvező”-t írnám át „megfelelő”-nek.

(3. tézis)

Elfogadom a meglévő szöveggel.

(4. tézis)

Elfogadom a meglévő szöveggel.

(5. tézis)

Elfogadom a meglévő szöveggel.

(6. tézis)

Elfogadom a meglévő szöveggel.

(7. tézis)

A tézist a magyarázat első mondatával kiegészíteném, mivel ez az egyik fontos gyakorlati megállapítás. „A fenti eredmények alapján a hagyományos kettős tüzelőanyagú rendszerek nagy terhelésen megfelelően alkalmazhatók az általam bemutatott megoldásokkal, ezért ezek állandó terhelésű energiatermelő rendszerekben, vagy olyan hibrid megoldások esetén alkalmazhatók, ahol a dízelmotor nagy terhelésen üzemel.”

A dolgozat és a mellékletek alapján megállapítható, hogy Bereczky Ákos László a PhD fokozat megszerzése óta színvonalas kutató-fejlesztő munkát végzett, aminek legjelentősebb része az alternatív, megújuló forrásokból előállítható üzemanyagok átalakítás nélküli dízelmotorokban való felhasználási körülményeinek meghatározása volt.

Dominált a munka mérnöki jellege, amit én erényének tartok. Munkája során korszerű mérési és vizsgálati módszereket használt, valós körülmények között végezve a motoros vizsgálatokat. Eredményei hasznosíthatók a gyakorlatban. Emellett az, eredményeit tudományos folyóiratokban, kutatási jelentésekben és konferenciákon publikálta, két szabadalmi bejelentést tett munkatársaival. Téziseit a javasolt kisebb átfogalmazásokkal elfogadtam, ez nem befolyásolja tudományos teljesítményének kedvező megítélését.

Összefoglalva a bírálatomban írtakat, Bereczky Ákos László doktori értekezését elfogadásra javaslom és a nyilvános vita kitűzését javaslom.

Budapest, 2021 02 22



Tungler Antal

az MTA doktora